

# STUDI AWAL PENGOLAHAN LIMBAH CAIR TAPIOKA DENGAN PHOTOKATALITIK MENGGUNAKAN ENERGI SURYA

V. Paramita<sup>\*)</sup>, M. E. Yulianto<sup>\*)</sup>, I. Hartati<sup>\*\*)</sup>

## Abstract

*The development of tapioca industry has an impact on the increasing of the organic wastewater quantity. The tapioca wastewater has to be pretreated before it thrown away to the environment. The expensive wastewater treatment process can be done only by an establish company, thus small scale industries can not yet adopt the treatment process because of economical reason. If small scale industries are compelled to adopt it, then it would be a burden for them. In order to solve that problem, it is necessary to develop a new wastewater treatment process that is achievable. One of the alternatif process is photocatalytic treatment using solar energy. The objective of this research was to find out the COD descent of the tapioca wastewater, whereas COD is one of the parameter that can indicated the pollution level. The type of the research was a simple experimental design which was "only control group design". The experimental variables were time and  $\text{TiO}_2$  as the free variable, COD concentration as the fixed variable, COD initial concentration and the volume of  $\text{TiO}$  solution as the controlled variable. The wastewater that was used in the research was a synthetic tapioca wastewater. The result of the research was a primer data, which descriptively, the data showed that the descent of COD concentration was varried between 84,1 % to 95,6 %. The highest descent was obtained from the experiment that's carried for 180 minutes and the  $\text{TiO}_2$  concentration was 0,085%, while the lowest descent was obtained from the experiment that's carried for 20 minutes and the  $\text{TiO}_2$  concentration was 0,028%. Analytically, the data were proved normally distributed. Two ways annova test gave a very significant value of  $p$  and  $\alpha$ , which are 0,000 and 0,05, respectively. The Dunken Test was used to find the most effective condition, and we found that 180 minutes time of reacion and  $\text{TiO}_2$  concentration of 0,085% were the most effective condition. Photocatalytic treatment of tapioca wastewater using solar energy could descent its COD concentration up to 95,6%.*

**Key Words :** Tapioca wastewater, COD, photocatalytic, sun energy, environmental friendly.

## Pendahuluan

Perkembangan industri yang pesat dewasa ini tidak lain karena penerapan kemajuan teknologi oleh manusia guna mendapatkan kualitas hidup yang lebih baik. Industri dan teknologi dimanfaatkan manusia untuk mengolah kekayaan alam yang ada. Penggunaan sumber daya selalu disertai dengan terjadinya pencemaran ini adalah hukum alam yang bersifat universal. Sebagai contoh tepung tapioka, permintaan tepung tapioka yang tinggi akan meningkatkan kualitas hidup produsen, pekerja, dan petani. Akan tetapi produksi tepung yang tinggi selalu diikuti dengan peningkatan jumlah limbah. Limbah cair tapioka mempunyai kadar COD tinggi 5100 – 10000 mg/l, jika limbah tersebut dibuang ke lingkungan tanpa diolah terlebih dahulu akan menyebabkan masalah

lingkungan yang serius. Hal inilah yang terjadi di Desa Ngemplak Kidul Margoyoso Pati.

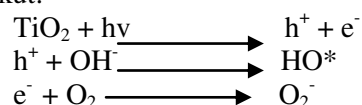
Pengolahan limbah cair tapioka didaerah tersebut sebenarnya sudah pernah ada yaitu pengolahan dengan IPAL (Instalasi Pengolahan Limbah Terpadu) namun pengolahan dengan sistem itu tidak berlangsung lama sehingga perlu alternatif lain untuk memecahkan masalah tersebut. Alternatif yang diusulkan adalah pengolahan dengan fotokatalitik menggunakan energi surya. Pengolahan ini relatif sederhana dan biaya pengoperasiannya juga murah.

Mekanisme reaksi fotokatalitik dideskripsikan sebagai berikut: ketika suatu semi konduktor yaitu katalis tersuspensi dalam suatu larutan disinari oleh sinar dengan energi yang melebihi atau sama dengan band gap dari semi konduktor tersebut, maka pada permukaan

<sup>\*)</sup> Jurusan Teknik Kimia Universitas Diponegoro Semarang

<sup>\*\*)</sup> Jurusan Teknik Kimia Universitas Pandanaran Semarang

katalis tersebut akan terbentuk pasangan elektron ( $e^-$  dan  $h^+$ ) sehingga cahaya yang digunakan harus mendekati UV dengan panjang gelombang lebih kecil dari 410 nm. Pada pasangan elektron yang terbentuk dipermukaan katalis, muatan positif  $h^+$  akan berpindah menuju area anoda dari katalis yang berkemampuan untuk mengoksidasi  $HO^-$  membentuk  $HO^*$  radikal, kemudian polutan dalam limbah cair akan didegradasi oleh  $HO^*$  radikal tersebut membentuk zat tidak berbahaya seperti  $CO_2$  dan asam mineral, sedangkan elektron akan berpindah menuju area katoda dari katalis dan melakukan setengah reaksi reduksi terhadap oksigen dalam limbah cair membentuk  $H_2O$ , apabila kondisi air limbah tidak mengandung oksigen yang memadai karena keberadaan nitrogen dan air limbah mengandung banyak ion logam, maka dalam hal ini elektron diharapkan dapat mereduksi ion logam tersebut, dengan catatan bahwa proses reduksi akan terjadi jika potensial reduksi dari logam lebih besar dari level terendah dari energi celah. Adapun persamaan reaksi oksidasi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Keterangan:

$h^+$  : Electron vacancy

$h\nu$  : Digunakan untuk menyatakan radiasi elektromagnetik

Beberapa penelitian dengan menggunakan fotokatalitik membuktikan bahwa proses tersebut dapat digunakan untuk memecah atau menghancurkan tipe polutan organik, selain itu juga dapat digunakan untuk proses pemurnian air, penghancuran bakteri, virus, dan pengambilan logam dari aliran limbah.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui penurunan kadar COD limbah cair tapioka sintetis dengan fotokatalitik menggunakan energy surya. Sedangkan manfaat penelitian ini adalah memberikan informasi

tentang pengolahan limbah yang sederhana, murah dan ramah lingkungan dan membantu dalam meningkatkan derajat kesehatan melalui peningkatan kesehatan lingkungan dari ancaman pencemaran limbah cair.

#### Metode Pelaksanaan

Jenis penelitian yang digunakan adalah eksperimen dengan rancangan eksperimen sederhana "*only control group design*". Variabel – variabel yang terlibat antara lain : Variabel bebas yaitu waktu dan konsentrasi  $TiO_2$ , Variabel terikat yaitu kadar COD. Sedangkan variabel yang dikendalikan yaitu konsentrasi COD awal dan volume larutan  $TiO_2$ . Limbah yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah cair tapioka sintetis. Adapun komposisinya sesuai dengan komposisi limbah cair tapioka (Budiyono, 1997), sedangkan komposisi limbah cair tapioka sintetis selengkapnya tersaji pada tabel 1.

Tabel 1. Komposisi Limbah Sintetis

Komponen	Konsentrasi mg/l
Tepung tapioka	6477
$(NH_4)_2SO_4$	2280
$KH_2PO_4$	456
$FeCl_3$	2,83
$6H_2O$	
$MnSO_4$	570
$6H_2O$	
$CaCl_2$	57
$2H_2O$	

Alat yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari 3 bagian pokok yaitu bak limbah, bak larutan  $TiO_2$  dan reaktor. Bak limbah dan bak larutan  $TiO_2$  terbuat dari plastik sedangkan reaktor terbuat dari stainless still. Reaktor dilengkapi dengan 2 buah lampu ultraviolet 20 Watt, 2 buah aerator, 1 buah pengaduk dan dilengkapi dengan 4 sekat. Adapun lebih jelasnya dapat dilihat gambar 1. berikut :



Gambar 1. Rangkaian alat percobaan

Langkah yang dilakukan dalam eksperimen adalah pertama, limbah sintetis dibuat dengan komposisi sesuai pada tabel 1 sebanyak 5 liter kemudian diaduk sampai larut lalu dianalisa kadar CODnya. Langkah selanjutnya adalah menimbang titanium dioksida ( $\text{TiO}_2$ ), kemudian melarutkannya sesuai dengan konsentrasi yang direncanakan yaitu 1g / 200 ml, 1g / 100 ml, 1,5g / 100 ml, dan 2g / 100ml. Selanjutnya, larutan titanium dioksida sebanyak 300 ml dimasukkan ke dalam limbah yang telah dituang ke Alat, kemudian diaduk. Semua perlengkapan alat dihidupkan, kemudian kran dibuka. Setelah sekat kedua pada reaktor penuh kemudian kran dimatikan, dan setelah 20 menit kran dibuka. Ini diulangi sesuai waktu yang ditentukan yaitu 40, 60, 90, 120, dan 180 menit. 6. Pengambilan sampel dilakukan setelah kran dibuka, kemudian kran ditutup saat sampel yang diperlukan sudah mencukupi. Langkah terakhir adalah pengambilan sampel dan sampel yang telah diambil kemudian dianalisa.

### Hasil dan Pembahasan

Data-data hasil percobaan disajikan pada Tabel 2 dan 3. Pengolahan dengan fotokatalitik menggunakan energi surya ternyata dapat menurunkan kadar COD limbah cair tapioka sintetis. Pada berbagai interval waktu penurunan kadar COD meningkat dengan bertambahnya  $\text{TiO}_2$ , namun setelah konsentrasi  $\text{TiO}_2$  melebihi 0,085 % penurunan kadar COD menurun 0,6 % hingga 6%. Sedangkan pada berbagai konsentrasi  $\text{TiO}_2$  penurunan kadar COD meningkat dengan

bertambahnya waktu. Hasil analisa analitik dari tabel tersebut ternyata data terdistribusi normal, Kemudian analisa dilanjutkan dengan uji anova 2 jalan. Hasil analisa anova 2 jalan diperoleh bahwa nilai  $p = 0.00 < \alpha = 0,05$  yang berarti hasilnya signifikan, sehingga  $H_0$  : tidak ada perbedaan penurunan kadar COD limbah cair tapioka dengan fotokatalitik menggunakan energi surya ditolak dan  $H_a$  : ada perbedaan penurunan kadar COD limbah cair tapioka dengan fotokatalitik menggunakan energi surya diterima. Kemudian analisa dilanjutkan untuk mengetahui waktu dan kadar COD dengan uji tuncuk diperoleh bahwa penurunan kadar COD limbah cair tapioka sintetis tertinggi pada menit ke 180 dengan konsentrasi  $\text{TiO}_2$  0,85 % yaitu 95,6%. Namun jika dilihat dari masing – masing interval 0 – 20, 20 – 40, 40 – 60, 60 – 90, 90 – 120, dan 120 -180 menit ternyata penurunan tertinggi terdapat pada interval 0 – 20 yaitu 84,1 % hingga 85,2 % jumlah limbah. Sedangkan penurunan pada interval berikutnya rata – rata stabil, hal ini terlihat pada tabel 3.

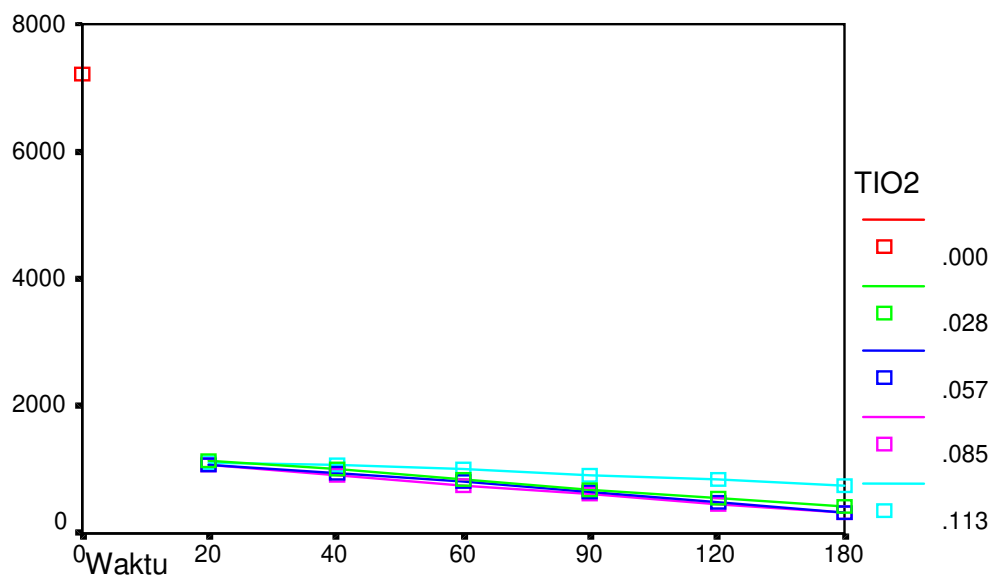
Tabel 2. Kadar COD Limbah Cair Tapioka Sintetis Awal

Sampel (tanpa perlakuan)	Kadar COD
Limbah Cair Tapioka	7191,940
Sintetis	7218,260

Tabel 3. Kadar COD Limbah Cair Tapioka Sintetis Setelah Melalui Proses Photokatalitik Menggunakan Energi Surya

Waktu	Kadar COD			
	TiO <sub>2</sub> 0.085 %	TiO <sub>2</sub> 0.113 %	TiO <sub>2</sub> 0.057 %	TiO <sub>2</sub> 0.028 %
20	1064,644	1104,124	1084,384	1144,920
	1065,960	1114,652	1090,964	1138,340
40	911,988	1067,276	955,416	1030,428
	904,092	1067,276	942,256	1018,586
60	759,332	993,580	805,396	861,980
	740,908	1008,056	796,180	861,980
90	618,520	910,672	644,840	690,900
	605,360	904,092	656,684	702,744
120	437,570	864,612	485,604	547,456
	447,440	864,612	504,028	542,192
180	312,550	763,280	350,056	423,752
	309,260	756,700	332,948	430,332

Estimated Marginal Means



Gambar 2. Grafik Penurunan Kadar COD Limbah Cair Tapioka

Gambar 2. menunjukkan bahwa pengolahan dengan photokatalitik menggunakan energy surya dapat menurunkan kadar COD limbah cair tapioka sintetis yang cukup besar dibanding dengan tanpa menggunakan alat. Penurunan kadar COD limbah cair tapioka sangat bervariasi tergantung lama proses dan konsentrasi TiO<sub>2</sub>. Pada konsentrasi TiO<sub>2</sub> 0,028 %, 0,057 %, 0,085 % dan 0,113 %. Jika diperhatikan dari data tersebut ternyata penurunan kadar COD meningkat dengan bertambahnya konsentrasi, namun pada konsentrasi 0,113 % penurunannya

semakin rendah. Hal ini dapat terjadi karena penambahan konsentrasi TiO<sub>2</sub> dapat mengganggu proses penyinaran. Disamping itu Penurunan kadar COD limbah cair tapioka juga bergantung waktu, namun dengan bertambahnya waktu penurunannya semakin kecil. Hal ini disebabkan karena reaksi radikal bebas yang dihasilkan oleh reaksi photokatalitik akan mengalami proses 3 tahap yaitu: inisiasi, propagasi dan terminasi. Tahap Inisiasi merupakan tahap pembentukan radikal bebas yang terjadi dalam waktu singkat. Tahap Propagasi merupakan tahap

perkembangbiakan radikal bebas baru dalam suatu reaksi pengabdian diri (*self perpetuating*) atau dapat juga disebut reaksi rantai. Tahap Terminasi merupakan tahap pengakhiran (*termination*) atau tahap terputusnya daur propagasi, hal ini terjadi karena radikal bebas yang terbentuk pada tahap propagasi bergabung sehingga terbentuk radikal bebas yang stabil<sup>18</sup>.

Penggunaan alat tersebut dapat meningkatkan penurunan kadar COD dari 24,9 % menjadi 84 % atau meningkat 60,1 %. Hal ini menunjukkan bahwa alat tersebut cukup efektif untuk digunakan

### Simpulan dan Saran

Dari uraian diatas dapat disimpulkan bahwa penurunan kadar COD limbah cair tapioka sintetis tertinggi pada menit 180, namun interval penurunan tertinggi terjadi pada interval 0 – 20 menit. Sedangkan konsentrasi  $\text{TiO}_2$  optimal yang digunakan adalah 0,085 % dari jumlah limbah.

Pengolahan dengan fotokatalitik ini masih banyak variasinya untuk mendapatkan hasil yang maksimal. Pengukuran kadar COD pada penelitian ini hanya pada akhir proses saja, namun untuk setiap sekat belum diukur karena keterbatasan dana, disamping itu aerator yang digunakan belum berfungsi maksimal karena ukurannya yang kecil, penggunaan katalis  $\text{TiO}_2$  yang Pro Analys perlu dicoba, dan juga penggunaan lampu ultraviolet juga perlu dicari panjang gelombang yang sebenarnya.

### Daftar Pustaka

- Wardhana, AW. 2001. *Dampak Pencemaran Lingkungan*, Yogyakarta : Andi Offset
- Sumarwoto. 2003. *Analisis Mengenai Dampak Lingkungan*. Yogyakarta : Otto Gajahmada University Press.
- Prosiding Seminar Nasional Kimia “ *Kejuangan* “. 25-26 Januari 2005. *Pengembangan Teknologi kimia Untuk Pengolahan Sumber Daya Alam*. Yogyakarta
- Hari Hastuti, N. 2003. *Perencanaan Proses, Peralatan dan Uji coba Penerapan Pengolahan Air Limbah Terpadu di sentra Industri Kecil Tapioka Kecamatan Margoyoso Kabupaten Pati*. Buletin Penelitian dan pengembangan industri semarang. Semarang : Balai Industri Semarang
- Peraturan Daerah No. 10 Tahun 2004. *Baku Mutu Lingkungan*. Bappedal Jawa Tengah.
- Yulianto, M E, Dwi H, dan Silviana. 2005. *Kajian Pengolahan limbah Industri Fatty Alkohol dengan Teknologi Fotokatalitik Menggunakan Energy Surya*. Majalah Teknologi Undip. Semarang.
- Fesenden Ralph and Joans. 1982. *Kimia Organik*. Alih bahasa: Aloysius H.P Jakarta : Erlangga